



# Plagiarism Checker X - Report

## Originality Assessment

Overall Similarity: **10%**

Date: mar. 3, 2022

Statistics: 2249 words Plagiarized / 4510 Total words

Remarks: High similarity detected; you must improve the document.

INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO

CENTRAL TÉCNICO

CARRERA DE: TECNOLOGIA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRÍZ

TEMA:

Análisis de sistema del sistema de recuperación de energía(kers) a través del alternador del Audi Q5.

PROYECTO 21 PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Aneloa Flores Byron Rene

Quilumba Tiban Byron Javier

Asesor:

Llanga Cantuña Juan Pablo

QUITO, ENERO DEL 2022.

Aneloa Flores Byron Rene

Q. 1751905405

## DECLARACIÓN

Yo, Aneloa Flores Byron <sup>10</sup> Rene, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen <sup>9</sup> en este documento.

El Instituto Superior Universitario Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



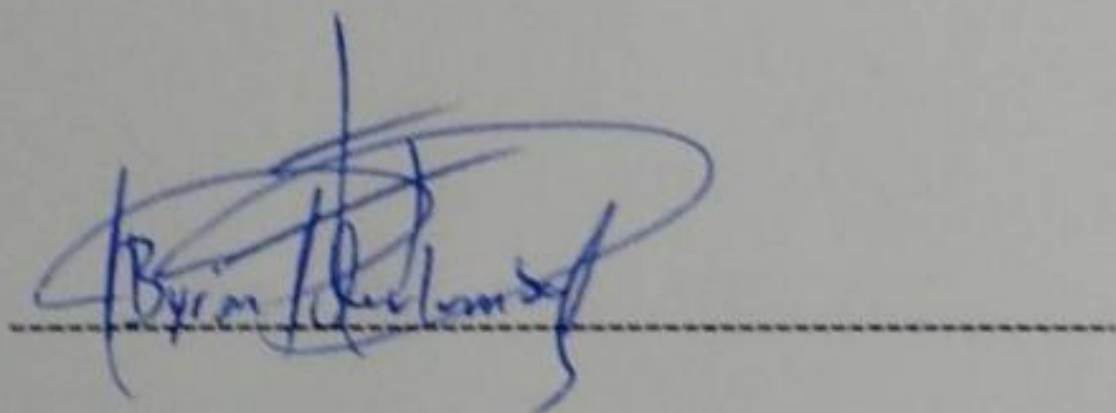
Aneloa Flores Byron Rene

CI. 1751905405

## DECLARACIÓN

Yo, Quilumba Tiban Byron <sup>12</sup> Javier, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas <sup>26</sup> que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Universitario Central Técnico <sup>5</sup> puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

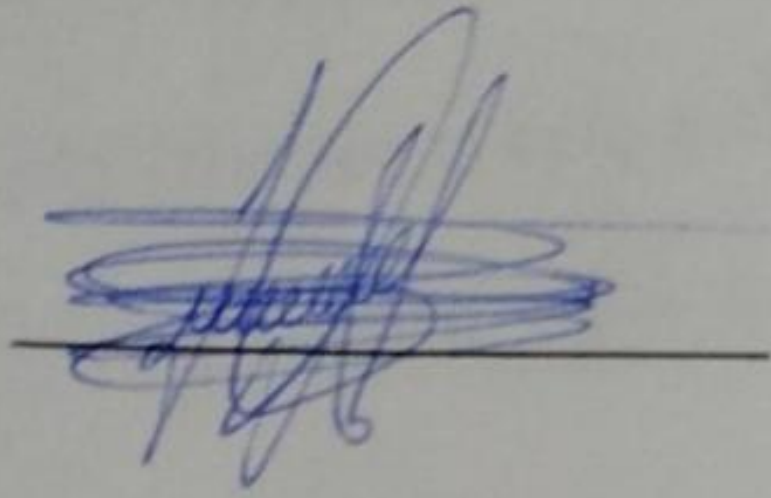


Quilumba Tiban Byron Javier

CI. 1724817760

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Aneloa Flores Byron Rene y ,Quilumba Tiban Byron Javier bajo mi supervisión.



Lic. Juan Pablo Llanga

TUTOR DE 16 PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradecemos a Dios por permitimos tener tan buena experiencia en este prestigioso Instituto Superior Universitario "Central Técnico " quien nos vio crecer desde el colegio y quien nos dio la oportunidad de formarnos como profesionales en lo que nos apasiona, de la misma manera agradecer a cada Ingeniero que formo parte de este enseñanza, a nuestros compañeros que de igual manera nos apoyaron en el trayendo de esta formación y más que nada a nuestros Padres que fueron los primeros que nos apoyaron con consejos y sabidurías.

Aneloa Byron

Quilumba Byron

DEDICATORIA

El presente proyecto investigativo está dedicado a nuestros padres que fueron pieza fundamental en este trayecto de formación profesionales, ya que ellos siempre quieren que salgamos adelante y empecemos a construir un futuro lleno de logros y metas.

Aneloa Byron

Byron

© Instituto Superior Universitario Central Técnico (2020).

Reservados todos los derechos de reproducción

## ANÁLISIS DE SISTEMA DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA(KERS) A TRAVÉS DEL ALTERNADOR DEL AUDI Q5.

Aneloa Flores Byron Rene 1 Quilumba Tiban Byron Javier 2 Juan Pablo

Llanga 3

1Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: byronaneloa46@gmail.com

2Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: bjquilumbat@gmail.com

3Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: jllanga@istct.edu.ec

### RESUMEN

El incremento constante en el uso de vehículos híbridos (HEV) a nivel mundial ha motivado a que se realicen varias investigaciones en búsqueda de información que permita comprender como influye la autonomía de los mismos frente vehículos convencionales que poseen motor de combustión interna a gasolina.

Este artículo se centra en el análisis del sistema de carga de batería de vehículos híbridos

basado en el sistema frenos regenerativos y el movimiento constante del sistema de tracción del movimiento del vehículo.

La metodología de investigación es de nivel descriptivo debido a que se hace referencia a fuentes bibliográficas para recolectar la información sobre esta temática de poca difusión en el ámbito automotriz, el enfoque de la investigación corresponde una investigación mixta ya que los resultados obtenidos se desprenden de la opinión de expertos en el tema, la bibliografía investigada así como también se basan en la evaluación del sistema de regeneración de energía cinética constante para aumentar <sup>1</sup> la autonomía de los vehículos híbridos.

Esto se logra mediante la recolección de datos <sup>14</sup> del sistema de carga de forma eléctrica del vehículo híbrido Audi Q5, el porcentaje de energía que permite recuperar el sistema de freno regenerativo, comparando mediante los estados de consumo y carga <sup>3</sup> entre los dos sistemas de recuperación de energía.

El vehículo con un sistema de regeneración por movimiento constante consumió 42,9 % más de potencia que utilizando freno regenerativo, debido a que el nuevo sistema aumento la masa total en el vehículo. Dicho aumento de masa, hace que se deba consumir mayor potencia por parte del sistema de tracción para mover el vehículo.

El sistema convencional de freno regenerativo resulta más favorable respecto al sistema de regeneración por energía cinética propuesto, excepto en tramos de velocidad constante y aceleración cero.

Palabras clave:

Frenos regenerativos, carga <sup>14</sup> de la batería, super capacitores.

ABSTRACT

The constant increase in the use of hybrid vehicles worldwide has motivated several investigations to be carried out in search of information that allows us to understand how their autonomy influences compared to conventional vehicles that have a gasoline internal



combustion engine.

This article focuses on the analysis of the hybrid vehicle battery charging system based on the regenerative braking system and the constant movement of the vehicle movement traction system.

The research methodology is of a descriptive level due to the fact that reference is made to bibliographic sources to collect information on this subject of little diffusion in the automotive field, the focus of the research corresponds to a mixed investigation since the results obtained are derived from the opinion of experts on the subject, the bibliography researched as well as based on the evaluation of the constant kinetic energy regeneration system to increase the autonomy of hybrid vehicles.

This is achieved by collecting data from the electrical charging system of the Audi Q5 hybrid vehicle, the percentage of energy that allows the regenerative braking system to recover, comparing the consumption and load states between the two energy recovery systems.

The vehicle with a constant motion regeneration system consumed 42.9% more power than using regenerative braking, because the new system increased the total mass on the vehicle. Said 8 increase in mass means that more power must be consumed by the traction system to move the vehicle.

The conventional regenerative braking system is more favorable with respect to the proposed kinetic energy regeneration system, except in sections of constant speed and zero acceleration.

Keywords: Regenerative brakes, battery charging, super capacitors.

Los sistemas de recuperación de energía basados en la regeneración por medio del frenado fueron introducidos por primera vez en la Fórmula 1 en la temporada 2009, con el objetivo de promover la investigación y analizar los resultados obtenidos con el propósito de ser introducidos en los coches de producción masiva.

Los vehículos híbridos y eléctricos en la actualidad emplean el freno regenerativo (FR), el cual es un sistema de recuperación de energía cinética que permite a partir de la acción

Los fabricantes de automóviles muestran un interés creciente en el desarrollo de los sistemas de recuperación de energía en frenada (KERS).

En todos los vehículos, ya sean híbridos, eléctricos, convencionales con Start-Stop, la energía que antiguamente se perdía en la frenada se convierte en energía eléctrica que se puede almacenar en baterías o acumuladores para posteriormente cuando sea necesaria reutilizarla.

Lo que prima en todos estos vehículos es ahorrar en el consumo y prolongar la autonomía sin perder por ello confort o prestaciones del automóvil.

### 3.2. Automóvil Híbrido (HEV).

El primer automóvil híbrido en serie apareció en el año 1900, Ferdinand Porsche fue su constructor, utilizó un motor de combustión interna para hacer mover el generador

#### 3.3.2. Híbrido conectado en paralelo

El automóvil híbrido conectado en paralelo funciona con el motor de combustión interna y el motor eléctrico, los cuales pueden utilizarse independientemente o en conjunto cuando el auto necesita más potencia.

Figura 3: Configuración en paralelo del vehículo híbrido.

que proveía de energía a los motores eléctricos, que las ruedas para cargar la batería para mejorar la autonomía.

Figura 1: Híbrido mixto de Lohner Porsche

Fuente: Sosa

### 3.3. Configuración de los vehículos híbridos.

En algunos tipos de autos basan su diferencia en la configuración de los elementos, en su relación e interacción que existe entre ellos.

#### 3.3.1. Híbrido conectado en serie.

1 El sistema de transmisión de potencia permite independencia de la transmisión potencia por el motor de combustión interna o por medio del motor eléctrico que se acopla por medio del volante de inercia conectado al embrague, seguido por el acople de la caja de velocidades y las ruedas motrices.

Figura 2: Configuración de (VHE) en serie

fuelle(Sosa, s. f.)

#### 3.3.2. Híbrido conectado en paralelo.

El automóvil híbrido conectado en paralelo funciona con 20 dos sistemas de tracción y estos pueden utilizarse independientemente o en conjunto cuando el auto necesite más potencia.

Figura 3: Configuración en paralelo del vehículo Híbrido.

### 3.3. Tipos de Frenos Regenerativos.

Existen tres tipos de diseño de frenos regenerativo de energía: un sistema mecánico, sistema eléctrico y un sistema neumático.

En **20** la mayor parte de los vehículos, se apuesta por los sistemas mecánicos por ser más eficiente y compacto denotando grandes ventajas sobre los otros sistemas de frenos regenerativos, el sistema eléctrico también es usado en múltiples ocasiones ya que puede colocarse en cualquier posición del monoplaza (en el mecánico ha de estar cerca **1** de la transmisión del movimiento).

Figura 4: Sistema de freno regenerativo. Eléctricos o Híbridos.

Fuente: Sosa (2019) En los vehículos híbridos, la energía cinética se convierte en eléctrica y se almacena en condensadores o baterías para su uso posterior.

No obstante, es menos eficiente ya que debe de convertir energía mecánica en energía eléctrica y viceversa, con su consecuente pérdida de energía.

Según (Serrano Villodres, 2015) El funcionamiento **7** consiste en que, durante la frenada, las ruedas hacen que el motor siga girando, al contrario que cuando lo aceleramos (el motor es el que transmite la potencia a las ruedas).

**1** Por lo tanto, el motor funcionará como generador y manda energía a un acumulador (una batería o un acumulador del KERS).

Figura 5: Diagrama de flujo de potencia BEV.

Fuente: Monroy et al., (2020) En la operación de recuperación, es decir, durante la fase de empuje, el valor máximo que nos corresponde a la tensión de carga del condensador que puede activarse en el generador.

Esto por tanto permite recuperar parte de la energía gastada en los vehículos eléctricos o en

el caso del KERS obtener una potencia extra.(Monroy et al., 2020a)

A partir del 2014, pasaron a llamarse ERS, simplemente Sistemas de Recuperación de

**Energía.** Dentro del ERS, habrá dos sistemas distintos, ERS-H (H de Hot) donde se aprovecha el calor para generar energía y ERS-K (K de Kinetic), que es el actual KERS que aprovecha la **energía cinética**.

La potencia combinada entre ambos sistemas es de en torno unos 285 CV, divididos entre los 163CV provenientes **de la energía cinética** y 122 CV del aprovechamiento del calor.

Estos sistemas de recuperación se usan en diversos modelos de coches como los siguientes:

### 3.1. Funcionamiento del KERS en Coches Eléctricos o Híbridos.

En los coches eléctricos e híbridos, la energía cinética se convierte en eléctrica y se almacena en condensadores o baterías para su uso posterior.

Existe una manera de transformar **6** la energía cinética en eléctrica por medio de un **giroscopio**, que devuelve en el momento de acelerar parte de la frenada.

Debido a esta cantidad de **1** energía que puede consumir el condensador, es posible descargar el generador, que toma **el suministro de energía para el suministro de** la red de a bordo durante la fase **de aceleración o** conducción, después **de que el** generador no tiene que proporcionar **5** la cantidad de energía deducible del condensador, lo que finalmente da como resultado el ahorro de combustible.

Un generador de polos de garra excitado eléctricamente se utiliza principalmente como generador adecuado para la recuperación.

En la operación de recuperación, es decir, durante la fase de empuje, el valor **5** nominal **de la** tensión del generador aumenta al valor máximo que más corresponde a la tensión admisible del condensador, es decir, la tensión de carga del condensador que puede activarse en el generador. **6** Al mismo tiempo, el generador está completamente excitado, lo que significa que la corriente de excitación en el circuito del generador también es máxima

Figura 6: **Transformación de la energía** vehículo Híbrido.

El freno regenerativo ha de usarse una vez recargadas las baterías condensadores o acelerado el giroscopio ya que no frena más el vehículo, teniendo que usar los frenos tradicionales para poder detener el vehículo sin peligro.

### 3.4. Recuperación de la energía Sistemas Eléctricos.

se ha mencionado antes, existen dos tipos de sistemas: batería (eléctrica) y volante

para posteriormente

liberar cuando sea necesario.

### 3.5. Sistemas eléctricos.

Se pueden observar unas flechas azules y rojas que son imanes y una espira de color negro.

Se coloca la espira en el centro y se hace girar a los imanes alrededor.

Esto produce un campo magnético variable que a su vez produce un campo eléctrico en la espira.

Este es el principio del sistema eléctrico, ya que los imanes se conectan a las ruedas del coche, para que giren y la espira a una batería para que se acumule. A la vez que se produce el campo eléctrico, se produce una fuerza mecánica que se opone al giro.

Esto es debido a que a la circular corriente por la espira (debida al giro), la propia espira genera a su alrededor un campo magnético.

Por lo tanto, ya no tenemos sólo dos imanes y una espira, sino que tenemos tres imanes; los dos originales y un tercero en la espira (campo magnético representado en la imagen de color amarillo).

La corriente en la espira siempre irá dirigida de manera que todos los polos del imán se opongan a la causa que creó la corriente (ley de Lenz), es decir, el imán de la espira trata de

"equilibrar" la perturbación que lo creó.

De esta manera, el imán va cambiando continuamente de polaridad según el giro de los imanes de manera que siempre atrae a los dos imanes en su movimiento, frenándolos.

Si se deja hasta que los dos imanes se paren, toda la energía cinética se transformaría en energía eléctrica en la espira. Esto es lo que ocurre en el KERS, al poner los imanes conectados a las ruedas girando alrededor de una espira que está conectada a una batería, los imanes (y las ruedas) se frenan.

Esto es debido a que a la circular corriente por la espira (debida al giro), la propia espira genera a su alrededor un campo magnético.

Por lo tanto, ya no tenemos sólo dos imanes y una espira, sino que tenemos tres imanes; los dos originales y un tercero en la espira (campo magnético representado en la imagen de color amarillo).

La corriente en la espira siempre irá dirigida de manera que todos los polos del imán se opongan a la causa que creó la corriente (ley de Lenz), es decir, el imán de la espira trata de "equilibrar" la perturbación que lo creó.

De esta manera, el imán va cambiando continuamente de polaridad según el giro de los imanes de manera que siempre atrae a los dos imanes en su movimiento, frenándolos.

Si se deja hasta que los dos imanes se paren, toda la energía cinética se transformaría en energía eléctrica en la espira. Esto es lo que ocurre en el KERS, al poner los imanes conectados a las ruedas girando alrededor de una espira que está conectada a una batería, los imanes (y las ruedas) se frenan.

La espira del KERS, se introduce más o menos entre los imanes y según el piloto pisa más o menos, la espira se introduce más o menos. Si el piloto presiona el freno a fondo, la espira se introduce completamente entre los dos imanes, siendo el efecto por tanto máximo. Si lo pisa poco, sólo se introduce ligeramente y su efecto es pequeño.

Finalmente, esta energía eléctrica se almacena en una batería para ser utilizada posteriormente. Por lo tanto, cuando el piloto frena con los "frenos regenerativos" (distintos de los frenos convencionales), carga las baterías.

Cuando necesita más potencia, invierte el proceso, activando el motor eléctrico que suma potencia al motor de combustión. Las baterías, se descargan rápidamente.

#### 4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Son aquellos que nos permiten comprobar o apartar hipótesis, de forma sostenida en el tiempo, y con objetivos determinados. De esta manera se garantiza que la investigación de campo pueda ser comprobada y replicada.

La investigación tiene nivel descriptivo debido a que se enfoca en <sup>19</sup> la recolección de la información del sistema de frenos regenerativos (KERS) basado en el análisis de bibliografía y manuales de taller, que determinan el enfoque de la investigación sea mixto ya se obtuvo información <sup>23</sup> de los parámetros de frenos regenerativos por medio de la aplicación de entrevista a expertos y cuantitativo por los datos obtenidos de los resultados de las pruebas.

##### 4.1. TÉCNICAS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS



Para la presente investigación se creará una base de datos por medio de la cual se encuentran inmersas las variables del objetivo de estudio. En la recolección de los datos se utilizará varias técnicas, teniendo como principales:

la recolección de los datos se utilizará varias técnicas, teniendo como principales:  
La metodología propone el analizar el freno regenerativo en los modelos presentados en la sección anterior, por un sistema de alternador que aproveche la energía mecánica del vehículo en velocidad constante para la carga de una batería secundaria para ser utilizada como alimentación.

Metodología de comparación de sistemas de regeneración en BEV del sistema de tracción o motorización principal.

La carga de la batería será monitoreada por medio del SoC en cada sistema.

Esta metodología busca comparar un BEV con FR con uno acondicionado a un sistema de regeneración de energía cinética constante (RECC), para así poder encontrar las condiciones que puedan ser favorables para el sistema RECC.

#### 4.1. Análisis de parámetros de freno regenerativo.

Los distintos parámetros que van a ser de gran interés para comprender la dinámica del vehículo, es necesario conocer las fuerzas que se oponen al movimiento de este.

##### 4.1.2. 2 Fuerzas que se oponen al desplazamiento del vehículo.

Para el cálculo se aplica 24 la segunda ley de Newton en dirección longitudinal:

$$F_t - \sum F_r = m \cdot km \cdot a$$

Donde  $F_t$  corresponde a la fuerza tractora y  $F_r$  al sumatorio de las fuerzas resistentes.

Existen numerosas 2 fuerzas que se aplican sobre el vehículo, siendo tres de gran importancia:

- Resistencia aerodinámica.

- Resistencia a la rodadura.
- Resistencia gravitatoria.

Figura 7: Fuerza de oposición al desplazamiento.

Fuente: Serrano, (2015)

#### 4.1.3. Fuerza Aerodinámica.

Durante el desplazamiento del auto, a este le atraviesa una masa de aire que se opone a su movimiento.

Esta fricción del cuerpo moviéndose a través del aire se denomina fuerza aerodinámica y tiene la siguiente expresión matemática:

$$F_{ae} = 12 \cdot \rho \cdot C_x \cdot A_f \cdot (V_{rel})^2$$

De la fórmula se desprende  $\rho$  que corresponde a la densidad del aire. Esta depende de la altura y de la temperatura. A un incremento de altura, menor será la densidad; lo mismo ocurre con la temperatura, a mayor temperatura, menor es la densidad.

Figura 7: Fuerza aerodinámica.

Fuente: autor

#### 4.1.4. Rozamiento a la rodadura de los neumáticos.

La oposición a la rodadura se debe principalmente a la fricción que existe entre las ruedas del vehículo con la carretera, además de las debidas por los rodamientos y conexiones mecánicas. Se trata de una fuerza debida a la histéresis de los materiales del neumático durante la rodadura. Su expresión matemática es la siguiente:

$$F_{rod} = (f_0 + f_v \cdot V_n) \cdot M \cdot g \cdot \cos\theta$$

Figura 8: Rozamiento de banda de rodadura.

Fuente: autor basado Serrano,( 2015)

## 4.2. Modelo de consumo de potencia de HEV con Freno Regenerativo.

El sentido con el que se dirige el flujo de potencia de la batería es único dependiendo de si se está entregando potencia al sistema motriz del HEV (potencia positiva), o recibiendo por un sistema de recarga o regeneración (potencia negativa).

Por esta razón, no es posible que la batería entregue energía al sistema motriz al tiempo que se esté recargando por el sistema RECC.

Debido a esto, se coloca una batería secundaria (BS), la cual es encargada de almacenar toda la energía recuperada por el movimiento del HEV.

Por tal razón, se toman a consideración tres casos diferentes donde el sistema aprovecha la regeneración de energía, es decir, tres casos diferentes donde la batería principal (BP) del sistema común de tracción del vehículo podrá aprovechar la energía almacenada en la batería suplementaria (BS) o trabajar en conjunto.

Figura 10: Flujo de la potencia en vehículo Híbrido.

Fuente: autor basado (Monroy et al., 2020b):

La oposición a la rodadura se debe principalmente a la fricción que existe entre las ruedas del vehículo con la carretera, además de las debidas por los rodamientos y conexiones mecánicas. Se trata de una fuerza debida a la histéresis de los materiales del neumático durante la rodadura. Su expresión matemática es la siguiente:

$$F_{rod} = (f_0 + f_v \cdot V_n) \cdot M \cdot g \cdot \cos\theta$$

Donde  $f_0$  es el coeficiente de fricción (independiente de la velocidad),  $f_v$  es el coeficiente de fricción dependiente de la velocidad,  $V$  es la velocidad del vehículo,  $M$  es la masa del vehículo,  $\theta$  es el ángulo de la pendiente que tiene que ascender o descender el vehículo y  $g$  es la aceleración de la gravedad.

Agrupando el paréntesis como  $f$ , coeficiente de fricción a la rodadura, obtenemos la siguiente gráfica en función de la velocidad:

$$f = f_0 + f_v \cdot V_n$$

vehículo para moverse a determinada velocidad, esta potencia se rige por la ecuación.

#### 4.2. Proceso 2 de recuperación de energía en un vehículo HEV.

Un vehículo HEV con FR con uno acondicionado a un sistema de regeneración de energía cinética constante (RECC), para así poder encontrar las condiciones que puedan ser favorables para el sistema RECC.

Figura 11: Proceso de recuperación de energía.

Fuente: Autor basado en Monrroy (2020)

#### Modelo de recuperación de energía cinética constante

El sentido con el que se dirige el flujo de potencia de la batería es único dependiendo de si se está entregando potencia al sistema motriz del HEV (potencia positiva), o recibiendo por un sistema de recarga o regeneración (potencia negativa).

Por esta razón, no es posible que la batería entregue energía al sistema motriz al tiempo que se esté recargando por el sistema RECC.

Debido a esto, se coloca una batería secundaria (BS), la cual es encargada de almacenar toda la energía recuperada por el movimiento del HEV.

Por tal razón, se toman a consideración tres casos diferentes donde el sistema aprovecha la regeneración de energía, es decir, tres casos diferentes donde la batería principal (BP) del sistema común de tracción del vehículo podrá aprovechar la energía almacenada en la batería suplementaria (BS) o trabajar en conjunto.

### 5. Análisis de resultado.

#### 5.1. Paralelo a la entrega de potencia del sistema de Freno Regenerativo (FR).

Para que exista entrega de potencia debe generarse una aceleración negativa (freno) suficiente para que haya un flujo de potencia negativo hacia la batería principal (BP) debido a la energía adquirida por los frenos regenerativos y, paralelo a ese flujo de potencia, adicionar la energía almacenada por la batería secundaria (BS). Este caso puede ser considerado no eficiente para sistema RECC debido a que él puede regenerar energía, aun cuando el vehículo está en desaceleración y ocasionaría un desaprovechamiento del movimiento que lleva.

### 5.1. Segundo caso, Energía cinética igual a cero ( $E_k = 0$ ).

La energía cinética es igual a cero en los momentos en los que el auto tiene una velocidad igual a cero ( $v(t) = 0$ ), es decir, no existe un flujo de transmisión de potencia de la BP hacia el motor y la BS tampoco tiene un flujo de potencia desde los generadores, momento preciso para una transferencia de energía eléctrica de la BS a la BP, aumentando la autonomía del vehículo sin estar conectado a un punto de carga o sometido a una regeneración de los frenos.

### 5.3. Intercambio de banco de baterías

El sistema RECC es aprovechado en todo momento cuando el vehículo tiene movimiento debido a que almacena energía en la BS. Este es un caso de intercambio de batería de motorización dependiendo del estado de carga (SoC) como se observa en la Figura

Figura12: Intercambio de baterías

Fuente: autor basado en Monrroy (2020)

Para el cambio entre baterías se da de la siguiente manera:

Estado de carga (SoC) de la batería al 100% de la BS: Si el banco de baterías secundario se encuentra en su totalidad cargado, sería eficiente para el uso de la energía almacenada, hacer un cambio de posición entre la BP y la BS, dejando a la batería principal encargada de almacenar la energía del sistema RECC hasta que la batería secundaria llegue al 10% del SoC, durante su uso.

SoC 10% de la BP: Presentada la situación de que la batería principal del BEV llegue a un nivel muy bajo, se hace el intercambio con la batería secundaria, al igual que en la situación anterior precisamente la BS se encargaría de aumentar la autonomía del vehículo gracias a la energía almacenada con anterioridad.

La ecuación describe cuál es la energía que sí es aprovechable cumpliendo con el balance energético, en los instantes de  $P_{elect} = 0$  y que será la potencia a la entrada del generador.

### 5.2. Intercambio de banco de baterías

El sistema RECC es aprovechado en todo momento cuando el vehículo tiene movimiento debido a que almacena energía en la BS. Este es un caso de intercambio de batería de motorización dependiendo del SoC, como se observa en la Figura

Figura12: Intercambio de baterías

Fuente: autor basado en Monrroy (2020)

Estado de carga (SoC) de la batería al 100% de la BS: Si el banco de baterías secundario se encuentra en su totalidad cargado, sería eficiente para el uso de la energía almacenada, hacer un cambio de posición entre la BP y la BS, dejando a la batería principal encargada de almacenar la energía del sistema RECC hasta que la batería secundaria llegue al 10% del SoC, durante su uso.

SoC 10% de la BP: Presentada la situación de que la batería principal del BEV llegue a un nivel muy bajo, se hace el intercambio con la batería secundaria, al igual que en la situación anterior precisamente la BS se encargaría de aumentar la autonomía del vehículo gracias a la energía almacenada con anterioridad.

La ecuación describe cuál es la energía que sí es aprovechable cumpliendo con el balance energético, en los instantes de  $P_{elect} = 0$  y que será la potencia a la entrada del generador.

## 6. Conclusiones.

En este capítulo se obtendrán conclusiones sobre los distintos sistemas expuestos en este proyecto de cara a la evaluación de la eficiencia, costes y emisiones de CO<sub>2</sub>.

En cuanto a la eficiencia, se considera que ésta es la relación entre la energía útil, o energía obtenida y la energía consumida.

Por lo tanto, un vehículo es más eficiente cuanto menos energía consume para realizar el mismo trabajo.

- El uso <sup>1</sup> del freno regenerativo no es eficiente en carretera.
- Se puede llegar a recuperar hasta un 60% de energía eléctrica en una sola frenada, pero depende de la fuerza de frenada, la potencia del motor y la distancia.

## 7. Recomendaciones.

Los análisis realizados para este trabajo de investigación, pueden ser extendidos a otros tipos de batería utilizados en vehículos eléctricos e incluir la electrónica de potencia para tomar en cuenta la eficiencia del sistema, además de incluir información más detallada sobre las especificaciones del sistema de regeneración propuesto y además hacer pruebas experimentales en el vehículo para determinar parámetros reales.

## 7. Bibliografía

Monroy, C. C., Siachoque, C. A., Durán-Tovar, I. C., & Guerra, A. R. M. (2020a). Estudio Comparativo de un Sistema de Freno Regenerativo y Regeneración con Energía Cinética Constante en Vehículos Eléctricos de Batería. *Ingeniería*, 25(3), 305-322.

Monroy, C. C., Siachoque, C. A., Durán-Tovar, I. C., & Guerra, A. R. M. (2020b). Estudio Comparativo de un Sistema de Freno Regenerativo y Regeneración con Energía Cinética Constante en Vehículos Eléctricos de Batería. *Ingeniería*, 25(3), 305-322.

Serrano Villodres, T. (2015). <sup>2</sup> Análisis sobre la implantación del sistema de recuperación de energía KERS, en un vehículo convencional mediante simulación.

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/1018>

Sosa, D. G. U. (s. f.). ING. JULIO ADRIAN CHÁVEZ ROMERO. 98.

<sup>1</sup> F. Un-Noor, S. Padmanaban, L. Mihet-Popa, and M. N. Mollah y E. Hossain. "A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development". *Energies*, vol. 10, 2017.

<https://doi.org/10.3390/en10081217>.

A. M. Andwari, A. Pesiridis, R. Srithar, R. Martinez-Botas, and V. Esfahanian. "A review of Battery Electric Vehicle technology and readiness levels". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 78(C):414-430, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.138>.

W. Yu, R. Wang, and R. Zhou. "A Comparative Research on the Energy Recovery Potential of Different Vehicle Energy Regeneration Technologies". *Energy Procedia*, vol. 158:2543-2548, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.001>

Fang W, Quan S, Xie C, et al. Energy Optimization for a Weak Hybrid Power System of an Automobile Exhaust Thermoelectric Generator. *Journal of Electronic Materials*, 2017

Castaings A, Lhomme W, Trigui R, et al. <sup>17</sup> Comparison of energy management strategies of a battery/supercapacitors system for electric vehicle under real-time constraints. *Applied*

Energy, 2016, 163:190-200.

Barlow TJ, Latham S, McCrae IS, et al. 18 A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions; 2009.

11 Template for Preparation and Submission of Scientific Papers to INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO Journal

Guía para la Preparación y Envío de los Trabajos Científicos a la Revista INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

---

---



## Sources

- 1 <https://www.redalyc.org/journal/4988/498868283007/html/>  
INTERNET  
1%

---

- 2 <https://1library.co/article/fuerza-aerodin%C3%A1mica-fuerzas-oponen-desplazamiento-veh%C3%ADculo.y4wlwxm9>  
INTERNET  
1%

---

- 3 <https://doaj.org/article/5d04023a47114244bc70dae023501d25>  
INTERNET  
1%

---

- 4 <https://eltamiz.com/elcedazo/2012/01/09/%c2%bfcomo-demonios-funciona-el-kers/>  
INTERNET  
1%

---

- 5 <https://es.slideshare.net/PIQUITOP/tesis-de-tnico-superior>  
INTERNET  
2%

---

- 6 [https://lacompradelvehiculo.blogspot.com/2011\\_07\\_19\\_archive.html](https://lacompradelvehiculo.blogspot.com/2011_07_19_archive.html)  
INTERNET  
1%

---

- 7 <https://sites.google.com/site/motoresysistemasdealimentacion/caja-de-velocidades>  
INTERNET  
1%

---

- 8 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085563>  
INTERNET  
1%

---

- 9 <https://es.scribd.com/document/556449711/Investigacion-mecanica-automotriz>  
INTERNET  
1%

---

- 10 <https://repositorio.uteq.edu.ec/jspui/bitstream/43000/276/1/T-UTEQ-0003.pdf>  
INTERNET  
1%